



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 697 26 048 T2** 2004.07.08

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 809 068 B1**

(51) Int Cl.⁷: **F23D 1/00**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **697 26 048.8**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **97 108 022.1**

(96) Europäischer Anmeldetag: **16.05.1997**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **26.11.1997**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **12.11.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **08.07.2004**

(30) Unionspriorität:

12945196 24.05.1996 JP

(84) Benannte Vertragsstaaten:

BE, DE, DK, FR, GB, IT, NL

(73) Patentinhaber:

Babcock-Hitachi K.K., Tokio/Tokyo, JP

(72) Erfinder:

**Kobayashi, Hironobu, Hitachi-shi, Ibaraki 317, JP;
Okazaki, Hirofumi, Hitachi-shi, Ibaraki 316, JP;
Taniguchi, Masayuki, Hitachinaka-shi, Ibaraki 312,
JP; Kiyama, Kenji, Kure-shi, Hiroshima 737, JP**

(74) Vertreter:

v. Fünér Ebbinghaus Finck Hano, 81541 München

(54) Bezeichnung: **Kohlenstaubbrenner**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf einen Kohlenstaubbrenner nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Beim Verbrennen von Kohlenstaub muss die Bildung von Stickoxiden (worauf im Folgenden als NO_x Bezug genommen wird) auf eine kleine Menge unterdrückt werden. Der größte Teil des während der Verbrennung von Kohlenstaub erzeugten NO_x wird durch Oxidation von in der Kohle enthaltenem Stickstoff erzeugt. Um die während der Verbrennung erzeugte NO_x-Menge zu reduzieren, wurden bereits verschiedene Konstruktionen von Kohlenstaubbrennern vorgeschlagen.

[0003] Ein Kohlenstaubbrenner, der die beim Verbrennen erzeugte NO_x-Menge verringert, bildet eine reduzierende Zone und eine oxidierende Zone, d. h. es handelt sich um einen so genannten Brenner mit einer zweistufigen Verbrennung mit innenseitiger Flamme. Der Stickstoff in der Kohle wird in die Gasphase als Cyanwasserstoff (HCN) und Ammoniak (NH₃) während der thermischen Zersetzung des Kohlenstaubs in einem Anfangsstadium der Verbrennung freigesetzt. Diese Stickstoffverbindungen werden zu NO_x oxidiert, während sie die Wirkung haben, NO_x in einem Bereich mit niedriger Sauerstoffkonzentration zu reduzieren. Die zweistufige Verbrennung mit innenseitiger Flamme verwirklicht die Innenflamme effektiv, eine Reaktion, die NO_x mit NO_x-Vorläufern, wie NH₃, HCN, reduziert. Bei dieser Verbrennung breitet sich eine reduzierende Zone durch Verbrennung eines Brennstoffüberschusses mit Luftmangel um den Kohlenstaubbrenner herum in der Flamme aus, und es wird eine oxidierende Zone durch die Verbrennung mit hoher Sauerstoffkonzentration an einer Stromabseite der Flamme gebildet.

[0004] Um den Effekt der zweistufigen Verbrennung mit innenseitiger Flamme zu steigern, ist es erforderlich, eine Flamme aus Kohlenstaub, der aus einer Brennstoffdüse zugeführt wird, stabil auszubilden. Man hat deshalb versucht, die Zuführbedingung des Kohlenstaubs und der Trägerluft zu ändern. Ein Kohlenstaubbrenner, in dem ein Element zum Einstellen der Teilchenkonzentration angeordnet ist, ist in der JP A 63-21406, JP A 3-41571, JP A 3-110308 oder JP A 4-24404 als Beispiel offenbart.

[0005] Bei einem Kohlenstaubbrenner in einer Bauweise für eine Denitrierung in der Flamme, der bei einem Kohlenstaub verbrennenden Kessel eingesetzt wird, ist es wichtig, eine reduzierende Reaktion in einer reduzierenden Flammenzone zu begünstigen, um die Konzentration an emittiertem NO_x zu verringern. Um dies zu erreichen, ist es wichtig, dass man eine Verbrennung mit Überschussbrennstoff erreicht und die Möglichkeit der thermischen Zersetzung des Kohlenstaubs in der reduzierenden Flammenzone steigert, indem nicht nur die Konstruktion für die Zuführung von Verbrennungsluft, sondern auch die Konstruktion für die Zuführung von Kohlenstaub ver-

bessert wird.

[0006] Um die Betriebsfähigkeit eines Kohlenstaub verbrennenden Kessels zu erhöhen, wird in kurzer Zeit die Last geändert. Unter diesem Gesichtspunkt ist es von Bedeutung, die untere Grenze des Betriebs des Kohlenstaubbrenners auf eine niedrige Last auszuweiten.

[0007] Bei dem Kohlenstaubbrenner ist es jedoch wesentlich, den Durchsatz von Kohlenstaubteilchen, die in einem Kohlenstaubtransportrohr mit einer bestimmten Geschwindigkeit oder weniger strömen, zu reduzieren, so dass dieser in der Reduzierung des Durchsatzes der Luft begrenzt ist, die dem Kohlenstaubtransportrohr zugeführt wird. Wenn der Durchsatz von Kohlenstaubteilchen zu klein ist, ist ein Absinken der Kohlenstaubteilchen in dem Transportrohr zu befürchten, wodurch das Transportrohr verstopft und die Flamme im Ofen in das Transportrohr zurückschlägt.

[0008] Aus diesem Grund ist es erforderlich, wenn der Durchsatz an Kohlenstaub und der Durchsatz an Luft verringert werden, um die untere Grenze des Betriebs des Kohlenstaubbrenners auf niedrige Last zu erweitern, den Durchsatz der Kohlenstaubzufuhr-(oder-träger-) Luft auf einen bestimmten Pegel zu halten und den Durchsatz von Kohlenstaub zu verringern, nachdem die Last auf einen bestimmten Lastpegel abgesenkt worden ist.

[0009] Wenn nur der Kohlenstaubdurchsatz abgesenkt wird, wird die Konzentration des Kohlenstaubs geringer, der sich in der Kohlenstaubzuführluft befindet. Aus diesem Grund wird die Kohlenstaubflamme weg vom Auslass der Brennstoffdüse gebildet. Dies bedeutet, dass der Kohlenstaub und das Verbrennungsgas sich miteinander vermischen. Als Folge ist es schwierig, eine reduzierende Zone für NO_x innerhalb der Flamme auszubilden.

[0010] Die EP 0 445 938 A1 offenbart einen Kohlenstaubbrenner mit einer Brennstoffdüse zum Zuführen eines Gemisches aus Kohlenstaub und Luft und eine Verbrennungsluft-Zufuhrdüse, die zum Zuführen von Verbrennungsluft konzentrisch zur Brennstoffdüse auf der Außenseite von ihr angeordnet ist. Die Brennstoffdüse hat einen verengten Einlauf in Form einer Venturi-Düse zum Glätten des Stroms in der Brennstoffdüse zur Homogenisierung der Verteilungsscharakteristika der Kohle. Stromab von der Venturi-Düse ist eine Zerstäubungs-/Einstelleinrichtung koaxial zur Brennstoffdüse vorgesehen. Diese Einstelleinrichtung hat einen expandierenden Abschnitt, der allmählich von der Stromaufseite zur Stromabseite zunimmt, wonach ein zylindrischer Rohrabschnitt und dann ein Konus folgen, der sich zur Verbrennungskammer hin verengt. Dieser Brenner ist der gattungsgemäße Brenner.

[0011] Die EP 0 672 863 A2 offenbart einen Kohlenstaubbrenner mit einer Brennstoffdüse mit einem kreisförmigen oder rechteckigen Querschnitt und Verbrennungsluft-Zufuhrdüsen, die auf der Außenseite der Brennstoffdüse entweder konzentrisch,

wenn die Brennstoffdüse einen kreisförmigen Querschnitt hat, oder auf zwei gegenüberliegenden Seiten angeordnet ist, wenn die Brennstoffdüse einen rechteckigen Querschnitt hat. Die Mischung von Kohlenstaub und Luft strömt durch einen verengten Einlauf in die Brennstoffdüse. Stromab von diesem verengten Einlauf ist eine ringförmige Trennwand angeordnet, die die Brennstoffdüse in einen äußeren Ringkanal und in einen inneren zylindrischen Kanal unterteilt. Die rohrförmige Trennwand kann einen ersten Abschnitt, dessen Außendurchmesser allmählich längs des Gemischstroms abnimmt, und einen zweiten Abschnitt aufweisen, der mit dem ersten Abschnitt verbunden ist und dessen Außendurchmesser konstant ist (**Fig. 16**). Die Trennwand verzögert ein Gemisch, das durch einen äußeren Ringkanal strömt, und beschleunigt das Gemisch, das durch den inneren zylindrischen Kanal strömt. Dies führt zu einer Injektion des Gemisches aus dem Auslass der Brennstoffdüse mit einer in Radialrichtung im Wesentlichen gleichförmigen Geschwindigkeit, wodurch eine radiale Teilchenbewegung in der Strömung vermieden wird. Deshalb kann der feine Kohlenstaub aus dem zylindrischen inneren Kanal effektiv in den reduzierenden Flammenbereich geführt werden. Aufgrund des großen Verhältnisses von Oberfläche zu Gewicht kann der feine Kohlenstaub leicht mit dem Kohlendioxid oder Wasser auch in dem reduzierenden Flammenbereich reagieren gelassen werden, was zu einer Konzentrationsverringerung von NO_x führt.

[0012] Die EP 0 409 102 A2 offenbart einen Kohlenstaubbrenner mit einer Brennstoffdüse zum Zuführen eines Gemisches von Kohlenstaub und Luft und eine Luftdüse, die coaxial zu und außerhalb der Brennstoffdüse zum Zuführen von Verbrennungsluft angeordnet ist. Die Brennstoffdüse hat eine Einlaufdüse (Venturi) zum Kontrahieren des Gemischstroms zur zentralen Achse der Brennstoffdüse hin. Die Einlaufdüse hat einen stromaufseitigen konischen Abschnitt, der den Strömungsquerschnitt verengt und in einem kurzen zylindrischen Abschnitt endet, auf den ein konischer Abschnitt folgt, der den Strömungsquerschnitt erweitert und axial in der Brennstoffdüse zwischen zwei Endstellungen verschiebbar ist.

[0013] In der Brennstoffdüse gibt es eine coaxiale Anordnung, die drei in Stromabrichtung aufeinander folgende Teile aufweist, nämlich ein Leitelement, ein erstes Rohrstück und in einem Abstand davon ein zweites Rohrstück.

[0014] Das Leitelement hat einen stromaufseitigen Abschnitt, der sich radial nach außen zu einem Scheitel mit einem Winkel von weniger als 15° erweitert, worauf ein stromabseitiger Abschnitt folgt, der sich von dem Scheitel aus radial nach innen mit nahezu dem gleichen Winkel verengt. Das erste Rohrstück ist ein Hohlzylinder. Das zweite Rohrstück hat einen stromaufseitigen Abschnitt, der sich in Stromabrichtung zu einem Hohlzylinder der gleichen Größe wie das erste Rohrstück verengt. An dem stromab-

seitigen Ende des zweiten Rohrstücks ist ein Flammenhalter angebracht, der sich radial nach außen erstreckt. Das erste und das zweite Rohrstück wirken miteinander so zusammen, dass der Strömungsweg des Gemisches in der Brennstoffdüse unterteilt wird, um einen radial äußeren Teilkanal und einen radial inneren Teilkanal zu bilden.

[0015] Bei einem Betrieb des Brenners mit hoher und niedriger Last wird ein großer Teil der Luft in dem in dem radial inneren Teilkanal strömenden Gemisch davon abgetrennt und in den radial äußeren Teilkanal gesaugt und mit dem Gemisch vermischt, das in dem radial äußeren Teilkanal strömt. Dies bedeutet, dass der große Teil der in dem inneren Teilkanal strömenden Luft in den äußeren Teilkanal durch den axialen Schlitz oder den Abstand zwischen dem ersten Rohrstück und dem zweiten Rohrstück gesaugt wird.

[0016] In ihrer stromaufseitigen Position für den Betrieb mit hoher Last befindet sich die Einlaufdüse stromauf von dem Leitelement. Das Brennstoffgemisch geht durch den radial nach außen geneigten ringförmigen Kanal zwischen Einlaufdüse und dem Leitelement hindurch. Aufgrund der Trägheit wird der Kohlenstaub aus der Mischung abgetrennt und zu dem radial äußeren Teilkanal geführt. Deshalb strömt durch den radial äußeren Teilkanal ein kohlereiches Gemisch, während durch das erste Rohrstück und das zweite Rohrstück und durch den Schlitz zwischen den beiden Rohrstücken ein kohlearmes Gemisch nach außen in das kohlereiche Gemisch strömt.

[0017] In ihrer stromabseitigen Position für den Betrieb des Brenners mit sehr niedriger Last befindet sich die Einlaufdüse der Brennstoffdüse in einer Position, in der sich das stromaufseitige Ende ihres zylindrischen Abschnitts stromab von dem Leitelement befindet, während das stromabseitige Ende das stromaufseitige Ende des ersten Rohrstücks kontaktiert. Das Brennstoffgemisch wird zwischen dem stromaufseitigen Abschnitt des Leitelements und der Innenwand der Brennstoffdüse und dann weiterhin zwischen dem stromabseitigen Abschnitt des Leitelements und dem stromaufseitigen Teil der Einlaufdüse eingeschnürt. Das eingeschnürte Gemisch geht vollständig durch das erste Rohrstück hindurch und wird in das zweite Rohrstück geführt. Aufgrund des axialen Schlitzes zwischen den beiden Rohrstücken kann ein kleiner Teil des kohlereichen Gemisches des radial inneren Teilkanals nach außen als sehr mageres Kohlegemisch zum radial äußeren Teilkanal strömen.

[0018] An Zwischenstellungen der Einlaufdüse kann ein kohlereicheres oder kohleärmeres Gemisch jeweils durch den äußeren bzw. inneren Teilkanal hindurchgeführt werden.

[0019] Das Ziel der Erfindung ist die Bereitstellung eines Kohlenstaubbrenners der gattungsgemäßen Art, der eine Verbesserung des Verbrennungswirkungsgrades und eine Absenkung des aus der Verbrennung stammenden NO_x ermöglicht.

[0020] Dieses Ziel wird mit dem Kohlenstaubbren-

ner von Anspruch 1 erreicht, von dem Ausgestaltungen in den Unteransprüche 2 bis 6 beschrieben sind. [0021] Der Strömungswegteiler nach der Erfindung sorgt für eine Gleichrichtung der Kohlenstaubströme in dem äußeren und inneren Strömungsweg und zur Verringerung eines Geschwindigkeitsgradienten in Radialrichtung, wodurch ein Mischen der Brennstoffströme in der Radialrichtung auch nach dem Eindüsen in den Ofen unterdrückt werden kann. Dies begünstigt die NO_x -reduzierende Reaktion.

[0022] Mit dem Kohlenstaubbrenner nach der Erfindung wird die Stabilität der Flamme in einem Betrieb mit niedriger Last gesteigert und der Verbrennungswirkungsgrad des Kohlenstaubs verbessert, indem die Möglichkeit der thermischen Zersetzung des Kohlenstaubs in einer reduzierenden Flammenzone gesteigert wird, wodurch die Zone der reduzierenden Flamme vergrößert und das Auftreten von NO_x unterdrückt wird. Außerdem kann die Einsatzmenge von stabilisierenden Brennstoffen, wie Brennstofföl, klein gehalten werden, indem der Brennerlastbereich erweitert wird, in welchem die Verbrennung nur mit Kohlenstaub als Brennstoff bewirkt werden kann.

[0023] Bei dem Brenner, bei dem die Brennstoffdüse einen verengten Einlauf, einen Aufpralldiffusor mit einem expandierenden Abschnitt und einen Strömungswegteiler hat, der einen enger werdenden zylindrischen Teil hat und den Strömungsweg koaxial unterteilt, reduziert der verengte Einlauf den Querschnitt des Strömungswegs auf der Stromaufseite der Brennstoffdüse, so dass Kohlenstaub in der Nähe der Wandoberfläche der Brennstoffdüse auf einen Strömungseinlass des verengten Einlaufs prallt und dadurch die Konzentration des Kohlenstaubs erhöht wird. Der Aufpralldiffusor mit einem sich erweiternden Abschnitt, der auf der Stromabseite des verengten Einlaufs angeordnet ist, lässt den Kohlenstaub eines zentralen Teils der Brennstoffdüse zur Erhöhung der Konzentration und die durch den sich verengenden Teil konzentrierten Kohlenstaubteilchen darauf prallen. Das bedeutet, dass Brennstoff auf der Außenseite und Innenseite in der Brennstoffdüse auf eine Außenfläche des expandierenden Abschnitts des Aufpralldiffusors aufprallt, wodurch die Konzentration erhöht wird. Dadurch wird die Strömungsrichtung der Teilchen in der Brennstoffdüse zur Außenseite hin verschoben und dort die Kohlenstaubkonzentration ebenfalls erhöht.

[0024] Kohlenstaubteilchen, deren Strömungsrichtung durch den sich erweiternden Abschnitt des Aufpralldiffusors verändert und der in der Konzentration gesteigert wird, halten vorübergehend ihre Strömungsrichtung aufgrund ihrer Trägheit bei, wodurch Kohlenstaub mit relativ großen Teilchen an einem Öffnungsrandabschnitt der Brennstoffdüse angesammelt wird. Der Strömungsteiler an der Stromabseite des Aufpralldiffusors unterteilt den Strömungsweg der Brennstoffdüse koaxial und richtet die Kohlenstaubströme in dem äußeren und inneren Strömungsweg gleich. Das bedeutet, dass durch Anord-

nung des Strömungswegteilers die Trägerluftströme an dem äußeren und inneren Strömungsweg zueinander gleich werden und ein radialer Geschwindigkeitsgradient verringert wird.

[0025] Da die Brennstoffkonzentration auf der von dem Strömungswegteiler geteilten Außenseite hoch wird, ist es möglich, eine stabile Flamme auch zum Zeitpunkt eines Betriebs mit niedriger Last, zu dem die Brennstoffkonzentration niedrig ist, und auch bei niedriggashaltiger Kohle stabil zu halten. Dadurch, dass sich der Kohlenstaub insbesondere in der reduzierenden Flammenzone thermisch zersetzen kann, wird die Stabilität der Flamme zum Zeitpunkt des Betriebs mit niedriger Last erhöht und das Auftreten von NO_x unterdrückt.

[0026] Der Brenner, bei dem der Aufpralldiffusor den parallelen Abschnitt, der sich von dem expandierenden Abschnitt aus erstreckt und parallel zur zentralen Achse ist, und den sich verengenden Abschnitt hat, der sich von dem parallelen Abschnitt aus erstreckt und sich allmählich längs der zentralen Achse verengt, ändert die Gemischstromrichtung in eine Richtung längs der zentralen Achse der Brennstoffdüse durch den parallelen Abschnitt zusätzlich zu dem Betrieb jedes zuvor erwähnten Brenners, wodurch relativ feine Teilchen in der Nähe der Außenfläche des parallelen Abschnitts strömen und die Teilchenkonzentration mager wird. Der sich verengende Abschnitt wirkt so, dass das Gemisch längs der Außenfläche des sich verengenden Abschnitts strömt, und da die relativ feinen, in der Nähe des parallelen Abschnitts strömenden Teilchen dem an der Außenfläche des sich verengenden Abschnitts strömenden Gas folgen, wird der Konzentrationsgradient in Radialrichtung der Brennstoffdüse weiter gesteigert (Kohlenstaub mit relativ feinen Teilchen wird dem Ofen aus einem zentralen Abschnitt im Auslass der Brennstoffdüse zugeführt, während Kohlenstaub mit relativ großen Teilchen von einer Außenseite des Auslasses des Brennstoffbrenners zugeführt wird).

[0027] In dem Fall, in dem sich der Scheitelwinkel des expandierenden Abschnitts des Aufpralldiffusors in einem Bereich von 15° bis 40° befindet, wird zusätzlich zum Betrieb der oben erwähnten Kohlenstaubbrenner die Teilchenklassierung durch den Aufpralldiffusor äußerst wirksam ausgeführt. Wenn der Scheitelwinkel des expandierenden Abschnitts 15° oder weniger beträgt, ist die Änderung der Strömungsrichtung an dem expandierenden Abschnitt gering, so dass die Geschwindigkeitskomponente in Durchmesserrichtung der Brennstoffdüse klein wird und die Klassierung der Teilchen sehr schwach ist. Wenn andererseits der Scheitelwinkel des expandierenden Abschnitts 40° oder größer wird, verschleißt die Oberfläche des expandierenden Abschnitts sehr wahrscheinlich durch das Aufprallen der Teilchen, und der Druckverlust in der Brennstoffdüse nimmt zu.

[0028] In dem Fall, in dem der Scheitelwinkel des sich verengenden Abschnitts des Aufpralldiffusors in einem Bereich von 5° bis 20° liegt, wird zusätzlich

zum Betrieb eines der oben erwähnten Kohlenstaubbrenner mit dem oben erwähnten sich verengenden Abschnitt der Strom an der Außenfläche des sich verengenden Abschnitts nicht getrennt, und die Klassierung von Teilchen wird beibehalten. Wenn der Scheitelwinkel des sich verengenden Abschnitts 5° oder weniger wird, wird der Aufpralldiffusor zu groß für die Aufnahme in die Brennstoffdüse. Wenn der Scheitelwinkel des sich verengenden Abschnitts 20° oder mehr wird, wird der Strom an der Außenfläche des sich verengenden Abschnitts getrennt, so dass die Klassierung von Teilchen extrem abnimmt.

[0029] In dem Fall, in dem bei dem Strömungswegteiler der parallele zylindrische Teil sich von dem sich verengenden Teil aus erstreckt und parallel zur zentralen Achse ist, können zusätzlich zu dem Betrieb eines der oben erwähnten Kohlenstaubbrenner die Zuführungsgeschwindigkeitsrichtungen an der Außenseite und der Innenseite des parallelen zylindrischen Teils die gleichen sein, da beide Brennstoffströme an der Innen- und Außenseite des parallelen zylindrischen Teils längs des parallelen Strömungsteils strömen, so dass auch nach dem Ausdüsen in den Ofen eine Vermischung des Brennstoffstrahlstroms in Radialrichtung unterdrückt werden kann. Da ein größerer Teil Brennstoff mit Teilchen mit kleinem Durchmesser der NO_x-reduzierenden Zone zugeführt werden kann, kann dadurch die NO_x-reduzierende Reaktion begünstigt und die Konzentration von NO_x abgesenkt werden, das aus dem Kohlenstaubbrenner emittiert wird. Da ein zum Ofen vorstehender Bereich des parallelen zylindrischen Teils ein Teil ist, der der Dicke der Platte entspricht und sehr klein gemacht werden kann, wird die Abstrahlung vom Ofen gering und der Verbrennungsschaden an dem Kohlenstaubbrenner zum Zeitpunkt der Ölverbrennung und der Stillstandszeit kann verhindert werden. Da die Luftmenge, die zum Kühlen erforderlich ist, klein gehalten werden kann, wird die Überschussluftmenge verringert, wodurch der thermische Wirkungsgrad des Ofens erhöht werden kann.

[0030] In dem Fall, in dem der Winkel zwischen der Außenfläche des sich verengenden Teils und der zentralen Achse des Brennstoffbrenners 10° oder mehr beträgt, wird der Strom des Gemisches von der Außenfläche des sich verengenden zylindrischen Teils getrennt und kann eine Strömungsverteilung auf der Stromabseite nicht glätten. Wenn der Winkel zwischen der Außenfläche des sich verengenden Teils und der zentralen Achse des Brennstoffbrenners weniger als 2° beträgt, ist der sich verengende zylindrische Teil langgestreckt, so dass er nicht in der Brennstoffdüse aufgenommen werden kann, und die Glättungsfunktion für die Strömungsverteilung auf der Stromabseite wird extrem klein. Deshalb soll der Winkel in einem Bereich von 2° bis 10° liegen.

[0031] Der Brenner mit dem verengten Einlauf für ein solches Einschnüren des Gemischstroms, dass er zu einer Annäherung von der einen Seitenwand zur anderen Seitenwand gebracht wird, mit dem Auf-

pralldiffusor, der die Strömung von einer Seitenwand zur anderen Seitenwand allmählich annähert und das Gemisch zum Aufprallen für die Diffusion bringt, und mit dem Strömungswegteiler, der den Strömungsweg teilt, hat die gleiche Arbeitsweise wie der vorher erwähnte Kohlenstaubbrenner, der mit Luftdüsen versehen ist, die die Verbrennungsluft auf beiden Seiten der Brennstoffdüse zuführen, und kann eine stabile Flamme in der Nähe des Kohlenstaubbrenners bilden, so dass die thermische Zersetzung des Kohlenstaubs begünstigt und die Konzentration von NO_x reduziert wird.

[0032] Bei dem Brenner, der mit der Ablenkplatte und den Aufprallplatten an dem Endteil der Brennstoffdüse versehen ist, lenkt zusätzlich zu der Arbeitsweise jedes der vorstehend erwähnten Kohlenstaubbrenner die Ablenkplatte den Verbrennungsluftstrom von dem Endabschnitt des Brenners nach außen. Außerdem verursachen die Aufprallplatten Wirbel oder Vortices am Endteil der Verbrennungsdüse und vergrößern eine Rückstromzone der Mischung, die auf der Stromabseite des Brennstoffdüsenendes ausgebildet wird, während sich eine Zündposition für den Kohlenstaub dem Kohlenstaubbrenner annähert und den Verbrennungswirkungsgrad des Kohlenstaubs erhöht. Zusätzlich wird die Temperatur an einer Stelle nahe dem Kohlenstaubbrenner hoch und der Sauerstoffverbrauch nimmt zu, so dass die reduzierende Flammenzone groß und das Auftreten von NO_x unterdrückt wird.

[0033] Im Folgenden werden im Einzelnen Ausführungsformen der Erfindung unter Bezug auf die Zeichnungen erläutert.

[0034] **Fig. 1** ist eine Schnittansicht eines Kohlenstaubbrenners einer ersten Ausführungsform nach der Erfindung,

[0035] **Fig. 2** ist eine Ansicht in Richtung des Pfeils I,

[0036] **Fig. 3** ist eine Schnittansicht einer zweiten Ausführungsform ähnlich **Fig. 1**, wobei Teile weggelassen sind,

[0037] **Fig. 4** ist eine Schnittansicht einer dritten Ausführungsform ähnlich **Fig. 1**,

[0038] **Fig. 5** ist eine Schnittansicht längs der Linie II-II von **Fig. 4**,

[0039] **Fig. 6** ist eine Schnittansicht längs der Linie III-III von **Fig. 4**,

[0040] **Fig. 7** ist eine Schnittansicht einer vierten Ausführungsform ähnlich **Fig. 1**,

[0041] **Fig. 8** ist eine Schnittansicht längs der Linie IV-IV von **Fig. 7**, und

[0042] **Fig. 9** ist eine Schnittansicht längs der Linie V-V von **Fig. 7**.

[0043] Der Kohlenstaubbrenner **1** der ersten Ausführungsform ist für einen Kessel geeignet, der Kohlenstaub verbrennt und Dampf erzeugt. Der Brenner hat eine Brennstoffdüse **2**, die an einer Stelle einer zentralen Achse vorgesehen ist, um ein Gemisch **62** aus Kohlenstaub und Primärluft zuzuführen. Außerhalb der Brennstoffdüse **2** und coaxial zu ihr sind au-

ßerdem eine Sekundärluftdüse **27** und eine dritte Luftdüse **33** zum Zuführen von Sekundärluft **63** und dritter Luft **64** als Verbrennungsluft im Zustand eines Verwirbelungsstroms vorgesehen. Die beiden Luftdüsen **27** und **33** bilden Strömungswege zum Zuführen der Verbrennungsluft von einem Windkasten **42** in einen Ofen **43**.

[0044] Die Brennstoffdüse **2** hat hier einen rohrförmigen Strömungsweg, dessen Außenwand ein Primäreinlauf **23** ist, sowie eine Ölspritze **22** zum Zuführen eines stabilisierenden Brennstoffs, die auf der zentralen Achse **3** der Brennstoffdüse **2** angeordnet ist, um Wasserrohre **41** vorzuheizen, die an der Innenwand des Ofens **43** angeordnet sind. Die Brennstoffdüse **2** hat ferner eine Venturi-Düse **4**, die einen verengten Einlauf bildet, der den Strom des Gemisches **62** von einer Stromauseite zu der Seite der zentralen Achse **3** der Brennstoffdüse **2** verengt, eine Spindel **9**, die ein Aufpralldiffusor ist, der koaxial zur zentralen Achse der Brennstoffdüse auf der Stromabseite der Venturi-Düse **4** angeordnet ist, sich allmählich von der Stromauseite aus zu einer Stromabseite hin erweitert und die Mischung **62** darauf aufprallen lässt und diffundiert, sowie einen Verteiler **14**, der ein Strömungswegverteiler ist, der den Strömungsweg koaxial unterteilt, koaxial zur zentralen Achse der Brennstoffdüse auf der Stromabseite der Spindel **9** vorgesehen ist und einen Konus **15** hat, der ein sich verengender zylindrischer Teil ist, der sich allmählich von der Stromauseite zur Stromabseite hin verengt.

[0045] Die Brennstoffdüse **2** hat weiterhin einen Stabilisator **19** an ihrem Ende. Der Stabilisator **19** hat eine Ablenkplatte **20**, die einen Strom von Sekundärluft **63** an der Sekundärluftdüse ablenkt, und Aufprallplatten **21**, um die Mischung **62** darauf aufprallen zu lassen. Wie in **Fig. 2** gezeigt ist, ist eine Vielzahl von Auftreffplatten **21** in der Umfangsrichtung angebracht.

[0046] Die Venturi-Düse **4** dient zur Erhöhung der Konzentration des Kohlenstaubs, der von einer Kohlenstaubzuführvorrichtung, die in **Fig. 1** nicht gezeigt ist, transportiert wird, und zum Zuführen des Kohlenstaubs, wobei ihre Fläche des minimalen Strömungswegquerschnitts **30** bis 70% der Strömungswegquerschnittsfläche der Brennstoffdüse **2** ist, wodurch ein Abdriften von Teilchen durch einen gebogenen Rohrabschnitt usw. an der Stromauseite der Brennstoffdüse **2** unterdrückt werden kann.

[0047] Die Spindel hat einen Konus **10**, der ein expandierender Abschnitt ist, eine Säule **11**, der ein paralleler Abschnitt ist, der sich von dem Konus **10** koaxial und parallel zur zentralen Achse **3** der Brennstoffdüse **2** aus erstreckt, und einen Konus **12**, der ein sich verengender Abschnitt ist, sich von der Säule **11** aus erstreckt, koaxial zur zentralen Achse **3** der Brennstoffdüse vorgesehen ist und sich allmählich von der Stromauseite zur Stromabseite hin verengt. Der Scheitelwinkel des Konus **10** beträgt 15 bis 40°, während der Scheitelwinkel des Konus **12** des sich verengenden Abschnitts 5 bis 20° beträgt.

[0048] Der Verteiler **14** hat einen Zylinder **18**, der ein paralleler zylindrischer Teil ist, der sich von dem Konus **15** erstreckt und koaxial sowie parallel zur zentralen Achse **3** der Brennstoffdüse ist. Der Winkel zwischen der Außenfläche des Konus **15** und der zentralen Achse **3** der Brennstoffdüse beträgt 2 bis 10°.

[0049] Die Sekundärluftdüse **27** ist ein ringförmiger Strömungsweg, dessen Innenwand der primäre Einlauf **23** ist und dessen Außenwand ein sekundärer Einlauf **28** ist. Der ringförmige Strömungsweg ist mit Sekundärluft-Verwirbelungsschaufeln **31** und einer Drossel **36** auf dem Strömungsweg vom Ofen **43** zur Stromaufseite versehen. Die Sekundärluft-Verwirbelungsschaufeln **31** führen Sekundärluft **63** zu, während sie diese verwirbeln. Die Sekundärluft-Verwirbelungsschaufeln **31** sind eine verwirbelnde Strömung erzeugende Einrichtung in Axialstrombauweise und haben eine Vielzahl von Schaufeln, die in dem Strömungsweg in Umfangsrichtung angeordnet sind, sowie eine Trägerstange, die die Schaufeln integriert. Die Stärke des Verwirbelungsstroms, der durch die Sekundärluft-Verwirbelungsschaufeln **31** hindurchgeht, wird dadurch eingestellt, dass der Winkel der Schaufeln durch eine nicht gezeigte Antriebsvorrichtung eingestellt wird.

[0050] Die Drossel **36**, die den Durchsatz der Sekundärluft **63** einstellt und eine zylindrische Form hat, ist an der Stelle angeordnet, die eine Öffnung überdeckt, die mit dem Sekundäreinlauf **28** und dem Windkasten **42** in Verbindung steht, und wird in eine Richtung parallel zur zentralen Achse des Brenners durch eine in **Fig. 1** gezeigte Einstelleinrichtung bewegt, um die Fläche der oben erwähnten Öffnungen zu verändern. Durch diesen Vorgang wird das Aufteilungsverhältnis der Sekundärluft **63** zur dritten Luft **64** eingestellt.

[0051] Die dritte Luftdüse **33** ist ein ringförmiger Strömungsweg, dessen Innenwand ein dritter Einlauf **34** und dessen Außenwand ein Brennereinlauf **38** ist. Die dritte Luft **64** aus dem Windkasten **42** wird verwirbelt und in den Ofen **43** durch dritte Luftverwirbelungsschaufeln **35** zugeführt.

[0052] Der sekundäre Einlauf **28** und der dritte Einlauf **34** sind in Radialrichtung voneinander getrennt, wobei der trennende Teil einen Teil **29** mit einem derart vergrößerten Durchmesser hat, dass eine offene Stirnfläche des sekundären Einlaufs **28** sich axial erstreckt, während sie in Radialrichtung vergrößert ist, und eine Trennwand **30** hat, die eine senkrechte ringförmige Wandfläche ist, die dem Ofen **43** zugewandt ist.

[0053] Der Kohlenstaubbrenner **1** der ersten Ausführungsform hat den oben erwähnten Aufbau, d. h. der Brenner **1**, bei welchem die Brennstoffdüse das Venturi-Rohr **4**, die Spindel **9** mit dem Konus **10** und den Verteiler **14** aufweist, der den Konus **15** hat und den Strömungsweg koaxial unterteilt, arbeitet wie folgt. Der Kohlenstaub, der in die Nähe der Wand der Brennstoffdüse **2** fließt, trifft auf die Wandfläche der

Venturi-Düse **4** auf der Stromseite auf, wodurch seine Konzentration erhöht wird. Die stromab von der Venturi-Düse **4** angeordnete Spindel **9** lässt den in der Konzentration erhöhten Kohlenstaub auf die Außenfläche des Konus **10** aufprallen, wodurch die Strömungsrichtung zur Innenwandfläche der Brennstoffdüse **2** gerichtet wird. Dadurch kann in dem parallelen Abschnitt der Spindel **9** Kohlenstaub mit hoher Konzentration in die Nähe der Innenwand der Brennstoffdüse **2** strömen.

[0054] Bei dem Brenner, in welchem die Spindel **9** die Säule **11**, die sich von dem Konus **10** aus erstreckt und parallel zur zentralen Achse **3** ist, und den Konus **12** aufweist, der sich allmählich auf der zentralen Achse **2** verengt, wird die Strömungsrichtung des Gemisches **62** in eine Richtung längs der zentralen Achse der Brennstoffdüse **2** durch die Säule **11** geändert, so dass relativ feine Teilchen in die Nähe der Außenfläche der Säule **11** strömen und die Konzentration dort abgesenkt wird. Der Konus **12** wirkt auf das Gemisch **62** so ein, dass es längs der Außenfläche des Konus **12** strömt und relativ feine Teilchen, die in der Nähe der Säule **11** strömen, dem Gas folgen, das auf die Außenfläche des Konus **12** strömt, so dass der Konzentrationsgradient in der Radialrichtung der Brennstoffdüse **2** weiter gesteigert wird.

[0055] In dem Brenner, in dem der Scheitelwinkel des Konus **10** der Spindel **9** 15° bis 40° beträgt, wird eine Teilchenklassierung durch die Spindel **9** wirksam ausgeführt. Wenn der Scheitelwinkel des Konus **9** 15° oder weniger beträgt, ist die Änderung der Strömungsrichtung am Konus **10** klein, und wird die Geschwindigkeitskomponente der Radialrichtung der Brennstoffdüse **2** klein, und die Teilchenklassierung an der Säule **11** wird äußerst gering. Wenn andererseits der Scheitelwinkel des Konus **10** 40° oder mehr beträgt, verschleißt die Außenfläche des Konus **10** leicht durch das Aufprallen der Teilchen, und der Druckverlust der Brennstoffdüse **2** nimmt zu.

[0056] Wenn der Scheitelwinkel des Konus **12** der Spindel 5° oder weniger beträgt, wird die Spindel größer, so dass sie nicht mehr in der Brennstoffdüse **2** aufgenommen werden kann. Wenn der Scheitelwinkel des Konus **12** 20° oder mehr wird, wird, da die Strömung an der Außenfläche des Konus **12** abgetrennt wird, die Teilchenklassierung sehr stark abgesenkt. Der Scheitelwinkel des Konus **12** an der Stromabseite soll ferner kleiner sein als der Scheitelwinkel des Konus **10** an der Stromauseite. Die Kohlenstaubteilchen, deren Strömungsrichtung durch die Spindel **9** verändert wird und die eine hohe Konzentration haben, behalten vorübergehend ihre Strömungsrichtung durch ihre Trägheit bei, wodurch Kohlenstaubteilchen mit relativ großem Durchmesser an einem Öffnungsrandteil der Brennstoffdüse **2** gesammelt werden. Der Öffnungsrandabschnitt ist ein außenseitiger Abschnitt im Auslass der Brennstoffdüse, der Stabilisatorplatten **19** aufweist.

[0057] Der Strömungsweg der Brennstoffdüse **2** ist koaxial durch das Vorsehen des Verteilers **14** auf der

Stromabseite der Spindel **9** unterteilt, die Ströme des Kohlenstaubs in dem äußeren Strömungsweg und in dem inneren Strömungsweg werden gleichgerichtet. Das bedeutet, dass durch Anordnung des Verteilers **14** Trägerluft in der Außenseite und der Innenseite zueinander gleich werden und ein Geschwindigkeitsgradient in der Radialrichtung verringert ist.

[0058] Da die Konzentration des Kohlenstaubs in der Außenseite des Verteilers **14**, aufgeteilt durch den Verteiler **14**, hoch wird, kann die Flamme auch bei niedergashaltiger Kohle und auch zum Zeitpunkt eines Niederlastbetriebs stabil gehalten werden, bei dem eine geringe Kohlenstaubkonzentration zum Einsatz kommt, während Kohlenstaub insbesondere in der reduzierenden Flammenzone sich thermisch zersetzen kann, die Stabilität der Flamme bei Niederlast gesteigert ist und das Auftreten von NOx unterdrückt wird.

[0059] Der Brenner, bei dem der Verteiler **14** den Zylinder **17**, der sich von dem Konus **15** aus erstreckt und parallel zur zentralen Achse ist, kann Brennstoff innerhalb und außerhalb des Zylinders **17** jeweils in der gleichen Richtung eindüsen, so dass auch nach dem Einführen in den Ofen das Vermischen der Brennstoffstrahlströme in Radialrichtung unterdrückt werden kann. Dadurch kann ein größerer Betrag an Brennstoff mit kleinem Durchmesser in die NOx-reduzierende Zone zugeführt werden, die NOx-Reduktion kann gefördert werden und die Konzentration von aus dem Kohlenstaubbrenner abgeführten NOx ist verringert.

[0060] Ein Projektionsbereich des Zylinders **17** in Richtung des Ofens ist nur ein Bereich, der der Dicke einer Platte entspricht, und kann sehr klein sein, so dass die Strahlung aus dem Ofen klein ist und Verbrennungsschäden an dem Kohlenstaubbrenner zum Zeitpunkt der Ölverbrennung und bei einer Stillstandszeit verhindert werden können. Da die zum Kühlen erforderliche Luftmenge eingehalten werden kann, ist es möglich, die Überschussluft zu verringern und den thermischen Wirkungsgrad des Ofens zu erhöhen.

[0061] Wenn ein Winkel zwischen der Außenfläche des Konus **15** und der zentralen Achse **3** der Brennstoffdüse 10° überschreitet, wird der Strom des Gemisches **62** von der Außenfläche des Konus **15** abgetrennt und es ist nicht möglich, eine Strömungsgeschwindigkeitsverteilung auf der Stromabseite auszugleichen. Wenn der Winkel zwischen der Außenfläche des Konus **15** und der zentralen Achse **3** der Brennstoffdüse weniger als 2° beträgt, wird die Länge des Konus **15** groß, so dass er nicht mehr in der Brennstoffdüse aufgenommen werden kann und die Geschwindigkeitsverteilung auf der Stromabseite nicht mehr ausgeglichen werden kann. Deshalb soll der Winkel zwischen der Außenfläche des Konus **15** und der zentralen Achse **3** der Brennstoffdüse in einem Bereich von 2 bis 10° liegen.

[0062] Bei dem Brenner, bei dem der Stabilisator **19** eine Ablenkplatte **20** hat und Aufprallplatten **21** am

Endteil der Brennstoffdüse **2** vorgesehen sind, lenkt die Ablenkplatte **20** den Strom der Sekundärluft vom Ende **7** der Brennstoffdüse nach außen ab. Die Aufprallplatten **21** erzeugen Wirbel und Vortices in der Nähe des Endes **7** der Brennstoffdüse. Wie in **Fig. 2** gezeigt ist, wird, da die Ablenkplatte **20** zum Ablenken des Stroms der Sekundärluft von dem Ende **7** der Brennstoffdüse nach außen und die Aufprallplatten **21**, die ein Hindernis für die Strömung bilden, an dem Endteil der Brennstoffdüse **2** vorgesehen sind, eine Rückströmungszone auf einer Stromabseite zwischen der Brennstoffdüse **2** und der Sekundärdüse **27** gebildet, der gerade stromab vom Stabilisator **19** groß wird. Deshalb nähert sich eine Zündposition des Kohlenstaubs dem Öffnungsteil des Kohlenstaubbrenners **1** an, und der Verbrennungswirkungsgrad des Kohlenstaubs steigt. Da die Temperatur an einer Stelle nahe dem Kohlenstaubbrenner **1** hoch wird und der Sauerstoffverbrauch zunimmt, wird die Reduktionsflammenzone groß, und das Auftreten von NOx wird unterdrückt.

[0063] Dadurch, dass bei der vorliegenden Erfindung der im Durchmesser erweiterte Abschnitt **29** vorgesehen ist, der den Strömungsweg der Sekundärluftdüse **27** vom Endabschnitt der Brennstoffdüse **2** aus aufweitet, wird die axiale Strömungsgeschwindigkeit der Sekundärluft **63** verringert, und es kann eine Verwirbelungsgeschwindigkeit aufrechterhalten werden. Zu diesem Zeitpunkt wird die Größe der stromab von dem Stabilisator **19** der Brennstoffdüse **2** ausgebildeten Rückstromzone entsprechend der Verwirbelungsintensität der Sekundärluft **63** bestimmt. Auch unter der Bedingung, dass der Durchsatz von Verbrennungsluft klein ist, wird deshalb das Ausmaß der Rückstromzone, die gerade stromab von dem Stabilisator **19** gebildet wird, gleich dem unter der Bedingung, dass der Durchsatz an Verbrennungsluft groß ist, indem der Durchsatz der in der Verbrennungsluft eingebrachten Sekundärluft **63** oder die Verwirbelungsgeschwindigkeitskomponente durch Ändern des Winkels der Sekundärluft-Verwirbelungsschaufeln **31** geändert wird. Dadurch kann auch unter der Bedingung eines geringen Durchsatzes an Verbrennungsluft der Kohlenstaub durch den Stabilisator **19** gezündet werden. Dieses Verfahren ist dahingehend ausgezeichnet, dass eine stabile Flamme mit niedrigem Druckverlust verglichen mit einem Verfahren erhalten werden kann, bei dem die Verwirbelungsintensität der dritten Luft **64** aktiviert wird, deren Durchsatz größer ist als der der Sekundärluft **64**.

[0064] Der Kohlenstaubbrenner **1** der vorliegenden Ausgestaltung hat die folgenden hervorragenden Vorteile aufgrund des Verteilers **14** mit dem Konus **15**, verglichen mit einem Führungszylinder, wie er beispielsweise in der JP A 3-110308 beschrieben ist.

[0065] Da sich nur ein stromaufseitiges Ende des Verteilers **14** nahe an der Innenwandfläche der Brennstoffdüse **2** befindet und der andere Teil von der Innenwandfläche der Brennstoffdüse **2** getrennt

ist, kann, als erster Punkt, der Druckverlust des Strömungswegs auf der Innenseite des Verteilers **14** klein gehalten werden. In dem Fall, in welchem die Stromaufseite des Verteilers **14** den gleichen Radius hat, wird der Durchsatz von Trägerluft mit Kohlenstoff hoher Konzentration, der in dem äußeren Rohrkanal des Verteilers **14** strömt, groß, und das Verhältnis von Kohlenstaub, der auf der Hochkonzentrationsseite verteilt ist, nimmt zu. Deshalb ist es möglich, den Bereich des Kohlenstaubs mit hoher Konzentration an dem Öffnungsrandabschnitt der Brennstoffdüse **2** zu erweitern. Da die Dicke eines Brennstoffstrahlstroms mit hoher Konzentration in der Radialrichtung zunimmt, ist es möglich, den Brennstoffstrahlstrom mit hoher Konzentration auch innerhalb des Ofens aufrechtzuerhalten, wodurch in der Flamme wirksamerweise eine reduzierende Atmosphäre erzeugt und Kohlen mit niedriger NOx-Emission verbrannt werden kann.

[0066] Andererseits kann unter der Bedingung des gleichen Druckverlustes das stromaufseitige Ende des Verteilers **14** der Wandfläche der Brennstoffdüse **2** angenähert werden. Da die Konzentration des Kohlenstaubs desto höher ist, je näher er an die Wandfläche der Brennstoffdüse **2** kommt, wird die Konzentration des Kohlenstaubs an der Außenseite, der durch den Verteiler **14** verteilt ist, hoch, so dass die Flamme auch zum Zeitpunkt eines Niederlastbetriebs, bei dem Brennstoff mit niedriger Konzentration zum Einsatz kommt, und zum Zeitpunkt des Verbrennens von niedergashaltiger Kohle stabil gehalten werden kann.

[0067] Da das stromabseitige Ende des Verteilers **14** parallel zur zentralen Achse der Brennstoffdüse **2** ist und die Ausdüsgeschwindigkeit auf der Außenseite und der Innenseite des Verteilers auch nach dem Ausdüsen in den Ofen in der Richtung gleich sein kann, kann, als zweiter Punkt, die Vermischung der Brennstoffstrahlströme in der Radialrichtung unterdrückt werden. Da ein größerer Anteil des Brennstoffs mit Teilchen mit kleinerem Durchmesser der NOx-reduzierenden Zone zugeführt werden kann, wird dadurch die NOx-reduzierende Reaktion begünstigt, und die Konzentration von NOx, das von dem Brenner emittiert wird, nimmt ab.

[0068] Als dritter Punkt ist der vorstehende Bereich des Verteilers **14** in die Richtung des Ofens in der Nähe der Stirnfläche des stromabseitigen Endes nur ein Bereich, der der Dicke der Platte entspricht, und kann sehr klein gehalten werden. Wenn der oben erwähnte vorstehende Bereich klein ist, wird die Strahlung aus dem Ofen klein. Wenn Öl von dem Kohlenstaubbrenner verbrannt wird und auch wenn kein Kohlenstaub zugeführt wird, erleidet der Kohlenstaubbrenner kaum Schäden, da die von dem Brenner aufgenommene Strahlung gering ist. Da die zum Kühlen erforderliche Luftmenge klein gehalten werden kann, ist es außerdem möglich, Überschussluft zu verringern und den thermischen Wirkungsgrad des Kessels zu steigern.

[0069] Bei dem Kohlenstaubbrenner **1** der in **Fig. 1**

gezeigten zweiten Ausgestaltung sind die modifizierten Teile verglichen mit dem Brenner von **Fig. 1** gezeigt, die anderen Teile sind weggelassen. Bei dem Kohlenstaubbrenner **1** der zweiten Ausgestaltung besteht der Verteiler **14**, der den Strömungswegteiler bildet, aus einem Konus **15**, der ein sich verengender zylindrischer Teil ist, so dass die Strömungsgeschwindigkeitsverteilung an der Stromabseite der Spindel **9** ausgeglichen ist. Der Winkel des Konus **15** soll in einem Bereich von 2° bis 10° liegen. Wie oben erwähnt, wird in dem Winkelbereich eine Trennung eines Gemischstroms von der Außenseitenfläche des Konus **15** unterdrückt.

[0070] Der Kohlenstaubbrenner in der zweiten Ausführungsform hat zum Ziel, die Strömungsgeschwindigkeitsverteilung auf der Stromabseite des Konus **15** auszugleichen. Um dieses Ziel zu erreichen, ist es erforderlich, Luft längs der inneren Umfangsfläche und der äußeren Umfangsfläche des Konus **15** strömen zu lassen. Deshalb ist es insbesondere von Bedeutung, dass Luftströme längs der äußeren Umfangsfläche und ein Trennen der Luft an der äußeren Umfangsfläche des Konus **15** unterdrückt werden. Wenn der Luftstrom einmal abgetrennt ist, können die Teilchen nicht in den abgetrennten Strom diffundieren, und die Teilchen werden zum Ende der Brennstoffdüse, wie sie sind, transportiert. Die Bedingungen der Abtrennung der Luft an der äußeren Umfangsfläche wurden im Einzelnen gemessen. Im Ergebnis zeigt sich deutlich, dass der Konuswinkel im Bereich von 2° bis 10° liegen soll. Wenn der Winkel 2° oder weniger beträgt, wird der Luftstrom auf die innere Umfangsfläche des Konus **15** klein, und die Geschwindigkeitsverteilung hat eine höhere Geschwindigkeit an der äußeren Umfangsfläche der Düse. Wenn der Winkel 10° oder mehr beträgt, wird der Luftstrom an der äußeren Umfangsfläche des Konus **15** auf der Stromabseite abgetrennt. Die Aufbauten und Funktionen der übrigen Teile sind die gleichen wie bei dem Brenner von **Fig. 1**, so dass ihre Erläuterungen weggelassen werden.

[0071] Die Brennstoffdüse **2** des Kohlenstaubbrenners der vorliegenden Ausgestaltung kann, wie oben erwähnt, die Konzentration des Brennstoffs am Öffnungsrandabschnitt der Düse auf etwa die doppelte Konzentration unter den Transportbedingungen ansteigen lassen. Außerdem kann die Strömungsgeschwindigkeitsverteilung innerhalb von $\pm 5\%$ einer mittleren Strömungsgeschwindigkeit egalisiert werden. Dadurch kann der Kohlenstaub leicht gezündet werden, so dass eine Denitrierungsreaktion in der Flamme begünstigt und die Konzentration von NOx verringert werden kann. Wenn bituminöse Kohle mit einem Brennstoffverhältnis von 2,3 verbrannt und unter der Bedingung von unverbrannter Substanz mit 5% in der Asche am Ofenauslass verglichen wird, wird die Konzentration von NOx um 20% verglichen mit der herkömmlichen reduziert. Da die Brennstoffkonzentration an dem Öffnungsrandabschnitt der Brennstoffdüse **2** hoch wird, kann die Flamme auch

unter der Bedingung einer mageren Brennstoffkonzentration stabil gehalten werden. Dadurch wird bei Verbrennung von Kohle allein eine stabile Flamme nur bis zu einer Brennerlast von 40% aufrechterhalten, in dieser Ausführungsform kann jedoch die stabile Flamme bis zu einer Brennerlast von 20% aufrechterhalten und der Brennstoff stabilisiert werden, so dass Öl verringert werden kann.

[0072] Der Kohlenstaubbrenner **1** nach der Erfindung soll ein Brenner sein, der eine Brennstoffdüse **1**, eine zweite Luftdüse **27** und eine dritte Luftdüse **33** aufweist, es kann jedoch das Vorsehen einer zusätzlichen Luftdüse genügen, anstatt gesondert die zweite Luftdüse **27** und die dritte Luftdüse **33** vorzusehen.

[0073] Eine Stabilisierungsfunktion dieses Brenners basiert auf der Tatsache, dass ein negativer Druckanteil gebildet wird, der im Atmosphärendruck in der Nähe des Auslassendes der Brennstoffdüse niedriger ist als in seiner Umgebung, so dass Umwälzströme aus Kohlenstaub und Luft hier auftreten und die Entzündbarkeit gut wird. Um dieses Phänomen weiter zu begünstigen, wird Kohlenstaub, dessen Konzentration höher ist als am Auslass des Zerkleinerers, in dem Teil mit negativem Druck des Düsenauslassabschnitts zugeführt.

[0074] Um unabhängig die Konzentrationsverteilung und die Strömungsgeschwindigkeitsverteilung am Auslass der Brennstoffdüse **2** ändern zu können, dient bei dem Kohlenstaubbrenner **1** der vorliegenden Erfindung ein stromaufseitiger Teil des Strömungswegteilers **14** als Konus **15**, der der sich verengende Zylinder ist, dessen Durchmesser sich so ändert, dass er zur Stromabseite hin kleiner wird. Wenn der Strömungswegteiler so vorgesehen ist, dass sein Abschnitt mit kleinem Durchmesser sich auf der Stromauseite befindet, ist es schwierig, die Konzentrationsverteilung und die Strömungsgeschwindigkeitskonzentration am Auslass der Brennstoffdüse **2** unabhängig zu ändern. Außerdem kann Strahlung aus dem Ofen aufgenommen werden, so dass sich Probleme, wie thermische Verformung und Verbrennungsschaden ergeben.

[0075] Der Kohlenstaubbrenner **1** der ersten oder zweiten Ausgestaltung hat einen kreisförmigen Querschnitt. Die vorliegende Erfindung kann bei einem rechteckigen Brenner zur Anwendung gelangen, bei dem der Strömungsweg einen rechteckigen Querschnitt hat. Der Kohlenstaubbrenner **1** der dritten Ausgestaltung von **Fig. 4** bis **6** hat Luftdüsen **55** zum Zuführen von Verbrennungsluft auf beiden Seiten der Brennstoffdüse zum Zuführen des Gemisches **62** aus Kohlenstaub und Luft.

[0076] Ferner ist die Brennstoffdüse **2** mit einem verengten Einlauf **45**, der den Strom des Gemisches **62** zur zentralen Achse **3** der Brennstoffdüse hin abschnürt, mit einem Aufpralldiffusor, der einen Erweiterungsabschnitt **47** vorgesehen auf der zentralen Achse **3** des Brennstoffbrenners auf der Stromabseite des eingeschnürten Einlaufs **45** mit allmählicher Expandierung der Stromauseite zur Stromabseite

hin, so dass das Gemisch 62 zum Aufprallen auf ihm gebracht wird, um zu diffundieren, aufweist, und mit einem Strömungswegteiler 50 versehen, der koaxial zu der zentralen Achse 3 der Brennstoffdüse auf der Stromabseite des Aufpralldiffusors 46 ist und den Strömungsweg koaxial teilt, wobei der Strömungswegteiler einen sich verengenden zylindrischen Teil 51, der sich allmählich von der Stromaufseite zur Stromabseite verjüngt, sowie einen parallelen Zylinderabschnitt 52 hat, der sich von dem sich verengenden zylindrischen Abschnitt 51 aus erstreckt.

[0077] Die Brennstoffdüse 2 und die Luftdüsen 55 haben jeweils eine rechteckige Form, und die Luftdüsen 55 sind auf der Oberseite und Unterseite der Brennstoffdüse 2 angrenzend daran vorgesehen. Da der Strömungsweg bei diesem Brenner rechteckig ist, sind auch der eingeschnürte Einlauf 45, der Aufpralldiffusor 46, der Strömungswegteiler 55 usw., die innerhalb der Brennstoffdüse 2 angeordnet sind, im Querschnitt ebenfalls rechteckig. Wenn die Querschnittsformen mit der Form des Strömungswegs übereinstimmen, erhält man die höchste Leistung, jedoch ergibt sich tatsächlich auch die gleiche Leistung, wenn die Brennstoffdüse im Querschnitt rechteckig ist und die Querschnittsformen des eingeschnürten Einlaufs 45, des Aufpralldiffusors 46, des Strömungswegverteilers 50 usw. kreisförmig sind.

[0078] Bei dem Kohlenstaubbrenner 1 der dritten Ausführungsform ist der Brennstoffbrenner 2 mit dem eingeschnürten Einlauf 45, dem Aufpralldiffusor 46 und dem Strömungswegteiler 50 versehen, so dass der Kohlenstaubbrenner, der mit den Luftdüsen auf beiden Seiten der Brennstoffdüse versehen ist, ähnlich wie die vorher erläuterten Kohlenstaubbrenner arbeitet.

[0079] Der Kohlenstaubbrenner 1 der vierten Ausgestaltung von Fig. 7 bis 9 hat Luftdüsen 55, die Verbrennungsluft auf beiden Seiten der Brennstoffdüse 2 zuführen, die das Gemisch 62 aus Kohlenstaub und Luft ausdüst. Die Brennstoffdüse 2 ist mit einem verengten Einlauf 58, der den Strom des Gemisches 62 von einer einen Seitenwandfläche zur anderen Seitenwandfläche einschnürt, mit einem Aufpralldiffusor 59, der das Gemisch an der äußeren Wandfläche zu der einen Wandfläche von der Stromauseite zu der Stromabseite auf der Stromabseite des eingeschnürten Einlaufs 58 allmählich annähert und das Gemisch 62 zum Aufprallen für die Diffusion bringt, sowie mit einem Strömungswegteiler 60 versehen, der den Strömungsweg auf der Stromabseite des Aufpralldiffusors 59 aufteilt.

[0080] Bei dem Kohlenstaubbrenner der vierten Ausgestaltung erstrecken sich der eingeschnürte Einlauf 58 der Brennstoffdüse 2, der Aufpralldiffusor 59 und der Strömungswegteiler 60 gleichförmig zu dem inneren Teil hin.

[0081] Der Brenner, bei dem die Brennstoffdüse 2 den verengten Einlauf 58, der den Strom des Gemisches 62 von einer Seitenwandfläche zur anderen

Seitenwandfläche einschnürt, einen Aufpralldiffusor 59, der das Gemisch von der einen Wandfläche 57 zu der anderen Wandfläche 56 annähert und das Gemisch 62 für das Diffundieren zum Aufprallen bringt, und den Strömungswegteiler 60 aufweist, der den Strömungsweg unterteilt, arbeitet genauso wie der Kohlenstaubbrenner der vorherigen dritten Ausgestaltung (Fig. 3), bildet eine stabile Flamme in der Nähe des Kohlenstaubbrenners, begünstigt die thermische Zersetzung des Kohlenstaubs und verringert die Konzentration an NOx.

Patentansprüche

1. Kohlenstaubbrenner

- mit einer Brennstoffdüse (2) zum Zuführen eines Gemisches (62) aus Kohlenstaub und Luft,
- mit einer Verbrennungsluft-Zufuhrdüse (27, 33, 55), die zum Zuführen von Verbrennungsluft (63, 64) außenseitig auf der Brennstoffdüse (2) angeordnet ist,
- mit einem verengten Einlauf (4, 45, 58) der Brennstoffdüse (2) zum Einschnüren des Stroms des Gemisches (62) in der Brennstoffdüse (2) und
- mit einem in der Brennstoffdüse (2) auf der Stromabseite des verengten Einlaufes (4, 45, 58) vorgesehenen Aufpralldiffusor (9, 46, 49), der einen stromaufseitigen expandierenden Abschnitt (10, 47), der sich von seiner Stromaufseite zu seiner Stromabseite allmählich erweitert und das Gemisch (62) zum Aufprallen auf den expandierenden Abschnitt (10, 47) und zum Ausbreiten bringt, einen Zwischenabschnitt (11, 48), der parallel zur Brennstoffdüse (2) ist, sowie einen stromabseitigen sich verengenden Abschnitt (12, 49) hat, der sich von dem parallelen Abschnitt (11, 48) zu der Stromabseite der Brennstoffdüse (2) hin verengt, gekennzeichnet durch einen Strömungswegteiler (14, 50, 60),
- der in der Brennstoffdüse (2) auf der Stromabseite des Aufpralldiffusors angeordnet ist und den Strömungsweg für das Gemisch (62) in der Brennstoffdüse (2) in zwei Strömungswege unterteilt,
- der einen enger werdenden Teil (15, 51) hat, der sich allmählich von seiner Stromauseite zu seiner Stromabseite verengt und
- der mit dem stromaufseitigen Ende seines enger werdenden Teils (15, 51) direkt dem Aufpralldiffusor (9, 46) zugewandt ist.

2. Kohlenstaubbrenner nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Strömungswegteiler (14, 50, 60) ein stromabseitiges Ende hat, das parallel zur Brennstoffdüse (2) ist.

3. Kohlenstaubbrenner nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennstoffdüse (2) einen kreisförmigen Querschnitt hat, wobei die Verbrennungsluft-Zufuhrdüse (27, 33), der verengte Einlauf (4) und der Aufpralldiffusor (9) koaxial angeordnet sind, und dass der Strömungswegteiler (14)

koaxial in der Brennstoffdüse (2) angeordnet ist und den Strömungsweg des Gemisches (62) in der Brennstoffdüse (2) in einen radial inneren und einen radial äußeren Strömungsweg unterteilt.

4. Kohlenstaubbrenner nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennstoffdüse (2) einen rechteckigen Querschnitt hat, wobei die Verbrennungsluft-Zufuhrdüsen (55) auf zwei gegenüberliegenden Seiten und der verengte Einlauf (45) und der Aufpralldiffusor (46) koaxial angeordnet sind, und dass der Strömungswegteiler (50) koaxial in der Brennstoffdüse (2) angeordnet ist und den Strömungsweg des Gemisches (62) in der Brennstoffdüse (2) in einen radial inneren und einen radial äußeren Strömungsweg unterteilt.

5. Kohlenstaubbrenner nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennstoffdüse (2) einen rechteckigen Querschnitt hat, wobei die Verbrennungsluft-Zufuhrdüsen (55) auf zwei gegenüberliegenden Wänden (56, 57) angeordnet sind, während sich der verengte Einlauf (58) auf der einen Wand (56) und der Aufpralldiffusor (59) auf der gegenüberliegenden Wand (57) befinden, und dass sowohl der verengte Einlauf (58) als auch der Aufpralldiffusor (59) sich zusammen mit dem Strömungswegteiler (60) einheitlich zu dem inneren Teil der Brennstoffdüse (2) hin erstrecken.

6. Kohlenstaubbrenner nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Winkel zwischen dem enger werdenden Teil (15, 51) des Strömungswegteilers (40, 60) und der Wand (56, 58) oder der zentralen Achse (3) der Brennstoffdüse (2) in einem Bereich von 2° bis 10° liegt.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

FIG. 1

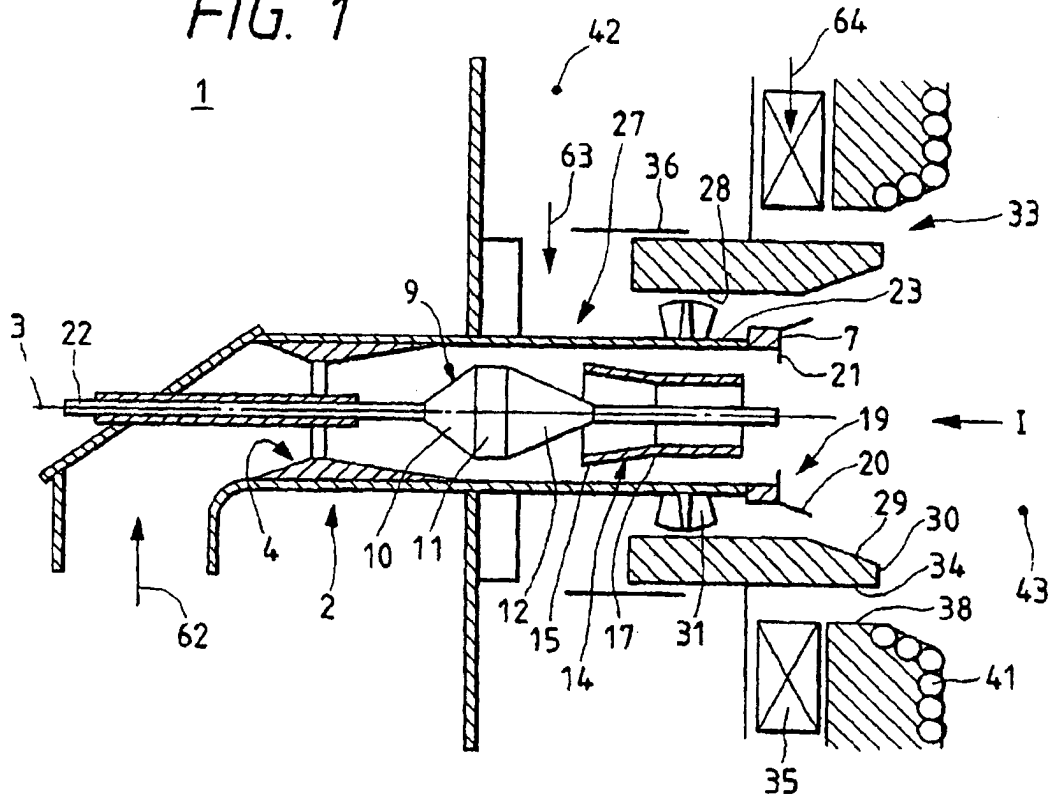


FIG. 2

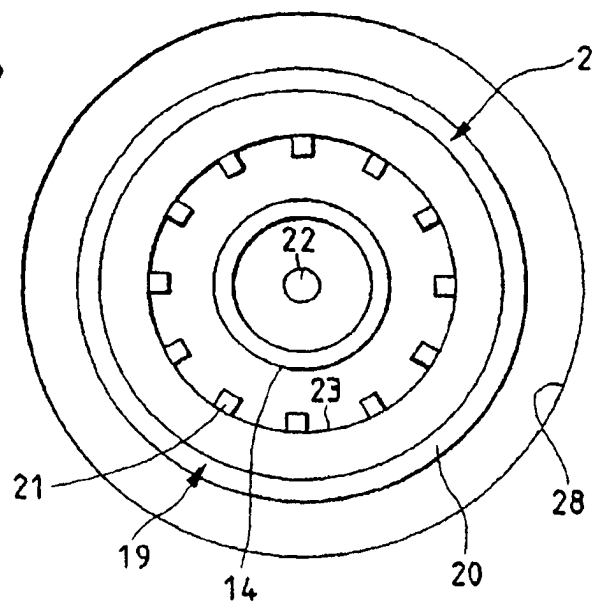


FIG. 3

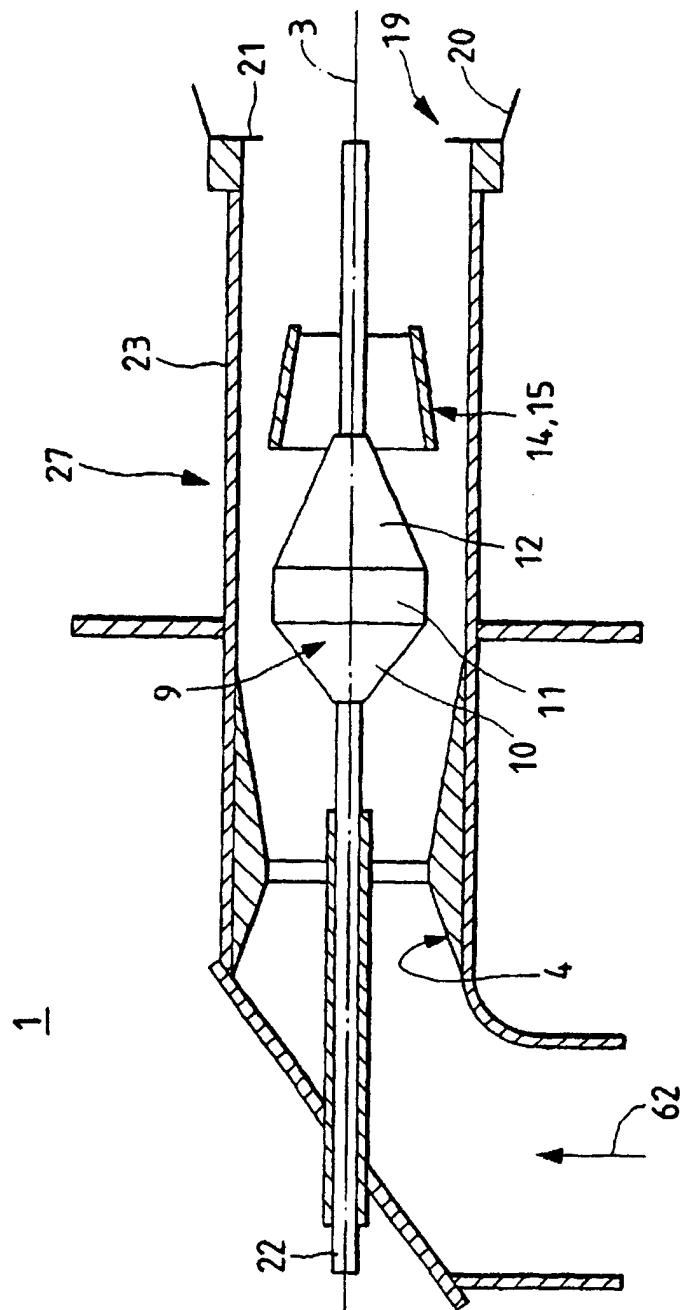


FIG. 4

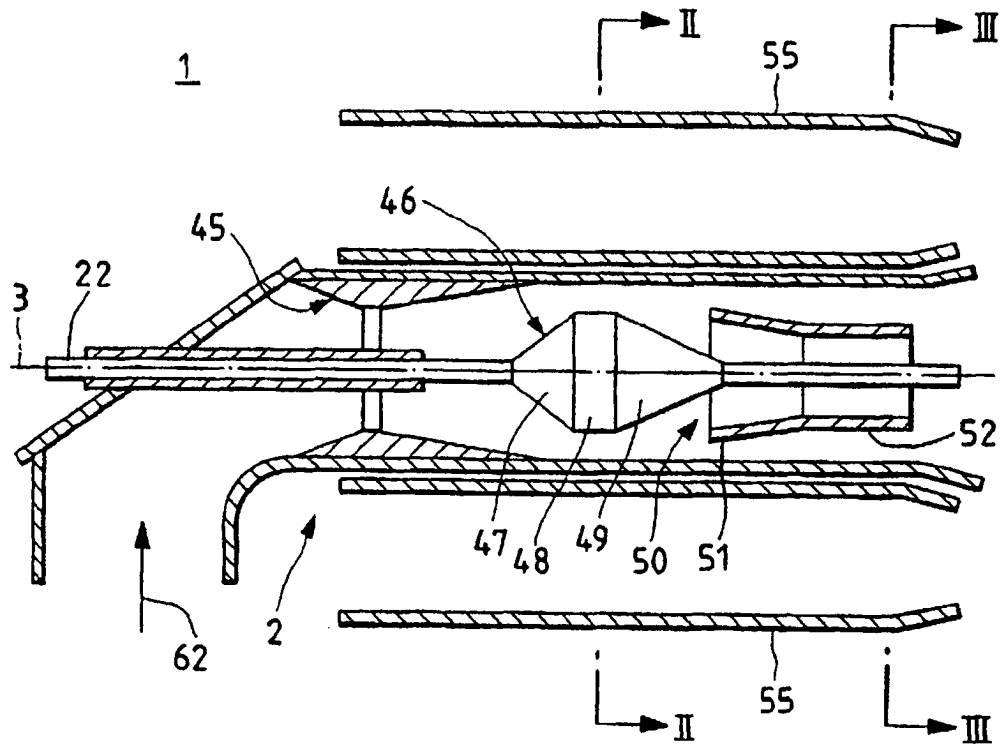


FIG. 5

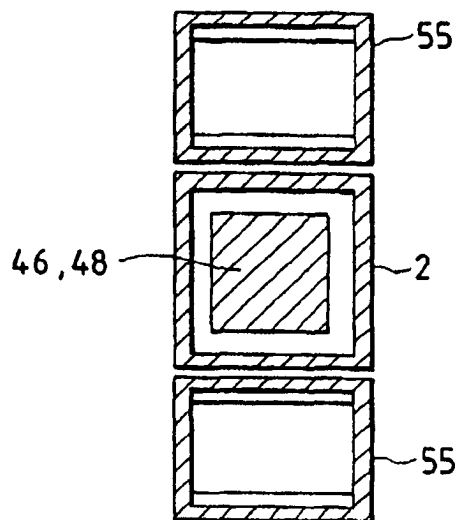


FIG. 6

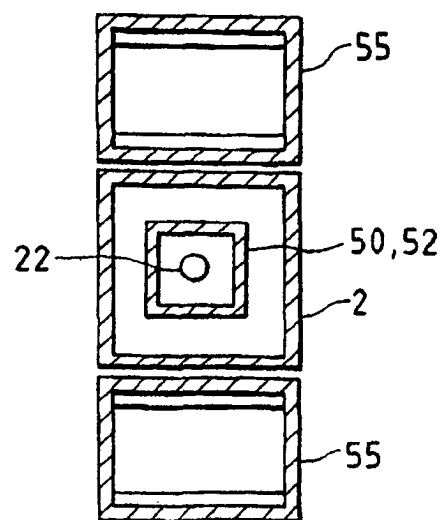


FIG. 7

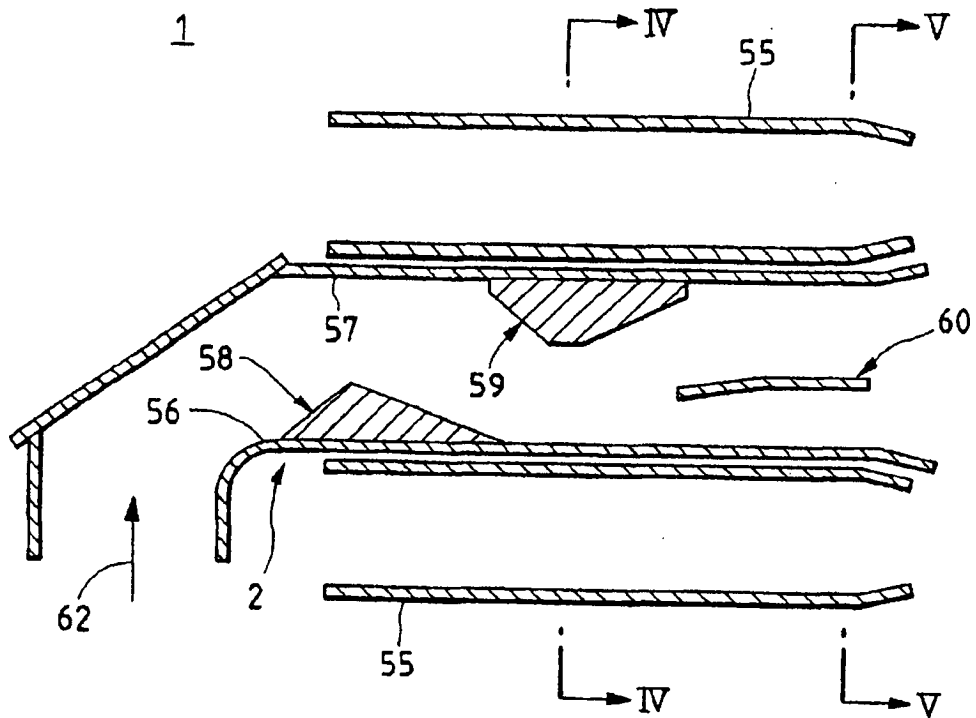


FIG. 8

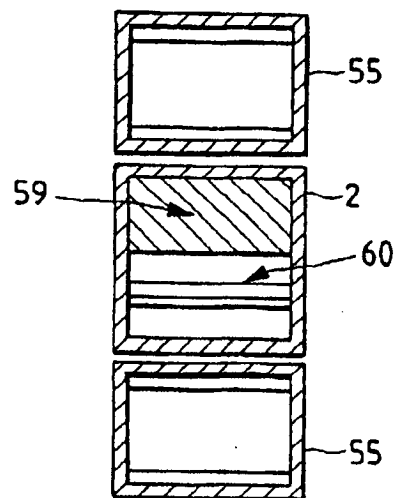


FIG. 9

